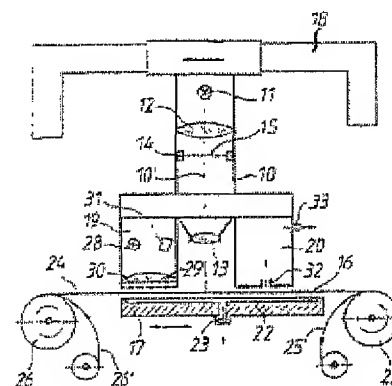


**VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR FOTOLITHOGRAPHISCHEN HERSTELLUNG VON LANGEN GITTERMASSSTABEN****Publication number:** DE4113027**Publication date:** 1992-10-22**Inventor:** SCHNEIDER ECKART (DE)**Applicant:** LEITZ MESSTECHNIK (DE)**Classification:**- **international:** G03F7/22; G03F7/22; (IPC1-7): G03F7/22- **european:** G03F7/22**Application number:** DE19914113027 19910420**Priority number(s):** DE19914113027 19910420**Also published as:**

WO9218904 (A1)

[Report a data error here](#)**Abstract of DE4113027**

The description relates to a process and device by means of which grid scales of any length can be reproduced with a grid constant in the  $\mu\text{m}$  range. A model scale is first imaged continuously in steps on a flexible metal strip coated with a photo-resist. A sensor coupled to the imaging device detects the structures in the exposed photo-resist. Holders for the flexible metal strip on the imaging device and the imaging device bench which can be switched on alternately take further sections of the metal strip in succession into the imaging field by relative movements between the imaging device and the bench. Control signals derived from the sensor ensure the proper phase positioning of the images of the model scale.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 41 13 027 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 03 F 7/22**  
// G 01 B 11/02, G 01 D  
5/32

⑳1 Aktenzeichen: P 41 13 027.8  
㉔2 Anmeldetag: 20. 4. 91  
㉔3 Offenlegungstag: 22. 10. 92

DE 41 13 027 A 1

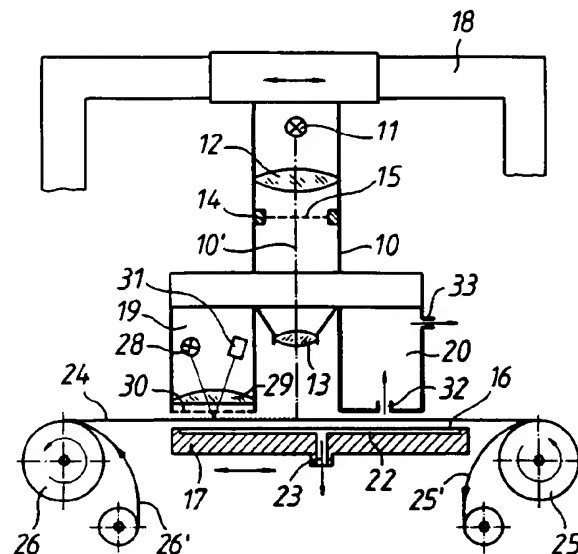
㉔1 Anmelder:  
Leitz Meßtechnik GmbH, 6330 Wetzlar, DE

㉔2 Erfinder:  
Schneider, Eckart, 6330 Wetzlar, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉔4 Verfahren und Vorrichtung zur fotolithographischen Herstellung von langen Gittermaßstäben

㉔5 Es wird ein Verfahren und eine Vorrichtung angegeben, mit der Gittermaßstäbe beliebiger Länge mit einer Gitterkonstante im  $\mu\text{m}$ -Bereich hergestellt werden können. Ein Vorlagenmaßstab wird zunächst schrittweise fortlaufend auf ein flexibles mit einem Photoresist beschichtetes Metallband abgebildet. Ein mit der Abbildungsvorrichtung gekoppelter Sensor detektiert die Strukturen in dem belichteten Photoresist. Abwechselnd einschaltbare Haltevorrichtungen für das flexible Metallband an der Abbildungsvorrichtung und dem Tisch der Abbildungsvorrichtung führen durch Relativverschiebung zwischen Abbildungsvorrichtung und Tisch nacheinander weitere Abschnitte des Metallbandes in den Abbildungsbereich. Vom Sensor abgeleitete Steuersignale gewährleisten dabei einen phasenrichtigen Anschluß der Abbildungen des Vorlagengitters.



DE 41 13 027 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und Vorrichtungen nach dem Oberbegriff der Ansprüche 6 und 7.

Gittermaßstäbe sind Maßverkörperungen mit einer periodischen Strichteilung. Sie werden verwendet in inkrementalen photoelektrischen Wegmeßsystemen. Die Auflösung solcher als Gittergeber bezeichneten Meßsysteme hängt von der Gitterkonstanten der Maßstäbe ab. Hochauflösende Gittergeber arbeiten mit Gitterkonstanten von 8–20 µm. Eine Übersicht über photoelektrische Aufnehmer zur Messung von Lageänderungen findet sich in der Dissertation von Jörg Willhelm (1978), Dreigitterschrittgeber.

Zur Herstellung längerer Gittermaßstäbe wird mit Hilfe sog. Step- und Repeat-Projektionsvorrichtungen ein Vorlagemaßstab verkleinert auf einen mit Fotolack beschichteten Maßstabträger abgebildet. Durch sehr genau positionierte relative Verschiebung zwischen dem Maßstabträger und dem Projektionsobjektiv um ein ganzzahliges Vielfaches der Gitterkonstante werden nacheinander mehrere Abbildungen des Vorlagemaßstabes auf den Maßstabträger ausgeführt, wobei entweder der Step-Schritt der Größe des abgebildeten Feldes entspricht (also die abgebildeten und in den Fotolack belichteten Felder aneinanderstoßen) oder sich die projizierten Bilder überlappen und der Step-Schritt ein durch die Gitterkonstante geteilter ganzzahliger Teil des Feldes ist (Mehrfach-Belichtung der einzelnen Striche). Die mechanischen und optischen Anforderungen an solche Maßstabrepeater sind außerordentlich hoch und finden ihre Grenze bei Maßstabslängen, die der maximalen Verfaherstrecke entsprechen. Mit den derzeit bekannten Herstellverfahren können solche Maßstäbe bis zu einer Länge von etwa 1000 mm hergestellt werden.

In einem nachfolgenden fotochemischen Entwicklungsprozeß werden je nach verwendetem Fotolack die belichteten Strukturen oder unbelichteten Strukturen ausgewaschen und die Maßstabträgeroberfläche freigelegt. Durch Ätz-, Bedampfungs- oder galvanische Prozesse wird dann die eigentliche Struktur auf dem Träger abriebfest aufgebracht.

Das fotolithographische Step- und Repeatverfahren entspricht dem für die Herstellung hochintegrierter elektronischer Baugruppen. Eine zusammenfassende Darstellung der optischen und mechanischen Verfahrensschritte und Komponenten findet sich in einem Aufsatz von J. Wüstenhagen in der Zeitschrift Feinwerktechnik, Heft 1, (1971), S. 4 bis 7.

Längere Maßstäbe lassen sich nur durch Aneinandersetzen von solchen Einzel-Maßstäben im Kontaktkopierverfahren oder durch mechanische Verbindung mehrerer Einzelmaßstäbe herstellen. Aufgrund mechanischer Schwierigkeiten beim Justieren der Anschlußstellen sowohl bei der Kontaktkopie als auch beim Verbinden ist es bisher nur gelungen, Maßstäbe größerer Länge mit Gitterkonstanten  $\geq 100 \mu\text{m}$  und damit in geringerer Genauigkeitsklasse herzustellen. In der DE-PS 16 98 006 sind verschiedene Möglichkeiten angegeben, die Anschlußstellen der Einzel-Maßstäbe so zu gestalten, daß die Periode der Gitterteilungen ohne Unterbrechung und Phasensprünge fortgesetzt werden kann. Bei der Signalauswertung in Gittergebersystemen ergeben sich in der Praxis an den Anschlußstellen jedoch Signalverformungen, die die weitere Unterteilung der Gesignale durch Interpolationsmethoden erheblich ein-

schränken.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen Maßstabgitter höherer Auflösung und Genauigkeit in beliebiger Länge hergestellt werden können.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhaft Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen 2 bis 5. Eine Vorrichtung weist erfindungsgemäß die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 6 oder 7 auf. Vorteilhaft Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen 8 bis 12.

Der Erfindung liegt die Beobachtung zugrunde, daß es mit einem geeigneten Sensor möglich ist, bereits in dem nicht entwickelten Fotolack die aufbelichtete Gitterstruktur zu erkennen, so daß bei geeigneter Kopplung zwischen Sensor und Abbildungsvorrichtung ein Regelkreis zum phasenrichtigen Anschluß jeder Vorlagenprojektion an die vorangehende aufgebaut werden kann. In der DE-OS 34 18 854 ist erstmals beschrieben worden, daß Strukturbildungen in einer Fotolackschicht unmittelbar nach der Belichtung mit Hilfe einer ultraschallmikroskopischen Abbildung sichtbar gemacht werden können. Die Ultraschallabbildung beruht auf Änderungen der elastischen Parameter innerhalb der Fotolackschicht durch Vernetzung bzw. Fragmentierung von Molekülketten nach der Belichtung. Überraschenderweise wurde gefunden, daß die durch die Belichtung erzeugten Veränderungen in der Molekülstruktur des Fotolacks auch Beugungseffekte in den für Gittergeber benutzten Wellenlängenbereichen verursachen. Da der Fotolack in diesem Wellenlängenbereich nicht belichtungsempfindlich ist, kann daher mit einem an die belichtete Gitterstruktur angepaßten Referenzgitter ein Gittergebersystem aufgebaut werden, das ein Steuersignal für die schrittweise aufeinanderfolgende Vorlagenprojektion erzeugt.

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung schematisch dargestellt. Das Verfahren wird anhand dieses Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Im einzelnen zeigen:

Fig. 1 eine Ansicht der Vorrichtung mit verkleinern-der Abbildung,

Fig. 2 eine Ansicht der Vorrichtung mit Kontaktkopie und

Fig. 3 eine Aufsicht auf den Gittermaßstab.

Die in Fig. 1 schematisch dargestellte Vorrichtung enthält eine Abbildungsvorrichtung 10. Zu dieser gehören entlang einer optischen Achse 10' eine Lichtquelle 11 mit einer Kollimatorlinse 12 und einer abbildenden Frontlinse 13. In der Gegenstandsebene der Frontlinse 13 ist in einer Halterung 14 ein Vorlagenmaßstab 15 vorgesehen. Dieser wird in die Auflagenebene 16 eines Tisches 17 verkleinert abgebildet.

Für die Zwecke einer schrittweise aneinanderschließenden Abbildung des Vorlagenmaßstabs ist entweder die Abbildungsvorrichtung 10 an einem Portal 18 verschiebbar aufgehängt oder es ist der Tisch 17 in einem nicht weiter dargestellten Bett verschiebbar. Nachfolgend soll davon ausgegangen werden, daß der Tisch 17 verschiebbar ist.

Der Tisch 17 enthält in seiner Längsrichtung eine plangeschliffene Glasplatte 21 als Objektträger. In die Glasplatte 21 ist zumindest eine zur Tischebene 16 offene Rille 22 eingefräst. Die Rille 22 ist mit einem Vakuumanschluß 23 versehen.

Zwischen der Abbildungsvorrichtung 10 und der

Tischebene 16 verläuft ein bandförmiger Maßstabträger 24. Dies kann ein flaches Metallband sein, das auf einer Vorrattstrommel 25 in nebeneinanderliegenden Bahnen aufgewickelt ist. Da das Metallband mit einem nicht weiter dargestellten Photoresist beschichtet sein muß, ist diese Art der Aufwicklung zum Schutz der Resistenschicht vorteilhaft. Eine zweite Trommel 26 ist in gleicher Weise zur Aufnahme der belichteten Bandteile vorgesehen. Um die Aufwicklung in nebeneinanderliegenden Bahnen zu ermöglichen, sind die Trommeln 25, 26 in Achsrichtung längsverschieblich. Die Trommel 26 mit dem belichteten Maßstabträger kann bei dieser Aufwickelart dann auch in nachfolgende Entwicklungs- und Fixierbäder eingelegt werden. Selbstverständlich kann die Aufwicklung auch in übereinanderliegenden Lagen erfolgen, wobei eine Zwischenlage aus einem geeigneten Folienmaterial 25', 26' zum Schutz der Resistenschicht eingefügt werden kann.

Zur Durchführung der einzelnen Belichtungsvorgänge wird der bandförmige Maßstabträger 24 durch Erzeugung eines Unterdruckes am Vakuumanschluß 23 fest auf die Glasplatte 21 gesaugt. Er befindet sich dann in der Abbildungsebene der Vorrichtung 10. Während des Belichtungsvorgangs befindet sich der Tisch in Ruhe. Danach wird er mit Hilfe eines durch nicht dargestellte Schrittgeber gesteuerten Motors 27 mit dem weiterhin angesaugten Maßstabträger 24 um eine definierte Anzahl der auflichteten Maßstabstriche weiterbewegt. Dabei wird ein entsprechender Abschnitt des Bandes von der Vorrattstrommel 25 abgewickelt und auf der Trommel 26 aufgewickelt. Der Vorgang wird in bekannter Weise wiederholt bis der Tisch 17 am Ende seines Verschiebepfades angelangt ist. In der Darstellung der Fig. 1 befindet sich dann das rechte Ende des Tisches 17 unter der Frontlinse 13.

In weiterer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Vorgehens ist mit der Abbildungsvorrichtung 10 in der Nähe der Frontlinse 13 sowohl ein Sensor 19 zur Detektion der aufbelichteten Gitterstrukturen als auch eine Haltevorrichtung 20 zur Fixierung des bandförmigen Maßstabträgers 24 an der Abbildungsvorrichtung 10 vorgesehen.

Der Sensor 19 ist dabei so angeordnet, daß der Tisch 17 bei seiner Längsverschiebung die aufbelichteten Gitterstrukturen in den Detektionsbereich des Sensors 19 bringt. Als Sensor kann eine in Reflexion arbeitende akustomikroskopische Anordnung gewählt werden, die vorzugsweise mit einer akustischen Zylinderlinse ausgestattet ist, da diese eine linienförmige Fokussierung der Ultraschallwellen erzeugt. Mit ihr kann jedoch zunächst nur die Intensität der Ultraschallreflexion aus dem in ihrem Fokus liegenden Bereich des Photoresists detektiert werden. Erst durch Scannen der Ultraschalllinse senkrecht zur Gitterstruktur kann die Lage eines einzelnen oder mehrerer Gitterstriche in den Photoresist relativ zur Scanamplitude der Ultraschalllinse ermittelt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn als Sensor 19 eine fotoelektrische Auflicht-Einrichtung nach DE-PS 26 53 545 gewählt wird. Diese enthält eine Lichtquelle 28, eine Linse 29, ein Referenzgitter 30 und ein fotoelektrisches Empfängersystem 31. Ein solches Gittergebersystem erzeugt in bekannter Weise ein Drehfeldsignal, dessen Drehfeldvektor bei Verschiebung des Maßstabgitters um eine Gitterperiode um  $360^\circ$  umläuft. Sobald daher der bandförmige Maßstabträger 24 mit den aufbelichteten Gitterstrukturen in den Detektionsbereich des Sensors 19 gelangt ist, gibt die Stellung des Dreh-

feldvektors sehr genau die relative Lage zwischen Referenz- und Maßstabgitter an, ohne daß der Sensor bewegt werden muß.

Die Haltevorrichtung 20 ist so angeordnet, daß sie sich beim Erreichen der Endposition des Tisches 17 über dem frei zwischen Tisch 17 und Trommel 25 hängenden Teil des bandförmigen Maßstabträgers 24 befindet. Vorzugsweise besteht die Haltevorrichtung 20 aus einem Vakuumsystem, das durch einen Spalt 32 und einen Vakuumanschluß 33 einen Unterdruck erzeugt, der den Maßstabträger 24 fest gegen die Fläche mit dem Spalt 32 zieht.

Sobald der Maßstabträger 24 an der Abbildungsvorrichtung 10 fixiert ist, wird die Fixierung auf dem Tisch 17 gelöst. Der Tisch 17 kann dann unter dem bandförmigen Maßstabträger 24 in seine Ausgangsstellung zurückgefahren werden. In dieser Stellung wird der Maßstabträger 24 wieder auf den Tisch angesaugt, die Fixierung von der Abbildungsvorrichtung 10 gelöst und die Relativlage zwischen Sensor 19 und Gitterstruktur überprüft. Wenn sich die Relativlage gegenüber der Stellung vor der Lösung von dem Tisch 17 verändert hat, wird der Tisch 17 solange verschoben bis die vorherige Lage wiederhergestellt ist. Damit ist ein phasenrichtiger Anschluß des neuen Projektionszyklus an den vorherigen sichergestellt.

Sobald die aufbelichteten Gitterstrukturen in den Detektionsbereich des Sensors 19 fallen, kann selbstverständlich die Tischverschiebung auch durch die Sensorsignale gesteuert werden. Es braucht lediglich die Anzahl der zu verschiebenden Gitterperioden vorgegeben zu werden und die Verschiebung bis zum Erreichen des Relativlagesignals vor Beginn des Verschiebeschrittes ausgeführt zu werden. Damit kann die sonst übliche, relativ aufwendige Schrittgebersteuerung des Tisches vereinfacht werden. Außerdem ist diese Steuerung vom Abbildungsfaktor zur Übertragung des Vorlagenmaßstabs 15 unabhängig.

Im Vorstehenden wurde davon ausgegangen, daß der Tisch 17 schrittweise verschoben wird und dabei den bandförmigen Maßstabträger 24 von der Vorrattstrommel 25 abzieht. Es ist jedoch in gleicher Weise möglich, daß der Maßstabträger 24 auf dem feststehenden Tisch 17 fixiert wird und die Abbildungsvorrichtung 10 schrittweise verschoben wird bis die letzte Abbildungsposition auf dem Tisch erreicht wird. Wenn danach der Maßstabträger 24 von der Haltevorrichtung 20 angesaugt wird und diese in die Ausgangsposition zurückfährt, zieht sie den Maßstabträger von der Vorrattstrommel 25 ab.

Fig. 2 zeigt eine im Prinzip gleiche Vorrichtung wie in Fig. 1. Jedoch erfolgt hier die Übertragung des Vorlagenmaßstabs 15 auf den Maßstabträger 24 in Kontaktkopie. Dazu ist die Halterung 14 für den Vorlagenmaßstab 15 in unmittelbarer Nähe des Tisches 17 angebracht und es sind eine bandförmige Lichtquelle 11' und eine Feldlinse 12' für die gleichmäßige Beleuchtung vorgesehen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur fotolithographischen Herstellung von langen Gittermaßstäben mit einer Gitterkonstante im  $\mu\text{m}$ -Bereich durch schrittweise wiederholte Abbildung eines Vorlagenmaßstabs auf einen mit einem Photoresist beschichteten Maßstabträger, dadurch gekennzeichnet, daß
  - ein Abschnitt eines bandförmigen Maßstabträgers (24) auf einen relativ zur Abbildungs-

Vorrichtung (10) steuerbar verschiebbaren Tisch (17) lösbar fixiert wird,

- nach mindestens einem Belichtungsvorgang der Tisch (17) jeweils um ein ganzzahliges Vielfaches der abgebildeten Gitterperiode relativ zur Abbildungsvorrichtung (10) solange verschoben wird bis das Ende des geräteeigenen Relativverschiebungsbereichs erreicht ist,
- zumindest nach Abschluß des letzten Belichtungsvorgangs mit Hilfe eines mit der Abbildungsvorrichtung (10) gekoppelten Sensors (19) die Relativlage zwischen dem Abbildungssystem (10) und der in der Photoresistschicht erzeugten Gitterstruktur ermittelt wird,
- der Maßstabträger (24) vom Tisch (17) gelöst und an der Abbildungsvorrichtung (10) fixiert wird,
- die Relativlage zwischen Tisch (17) und Abbildungsvorrichtung (10) auf den Anfangszustand des abgeschlossenen Belichtungszyklus zurückgeführt wird,
- der Maßstabträger (24) von der Abbildungsvorrichtung (10) gelöst und wieder auf dem Tisch (17) fixiert wird,
- die vorher gemessene Relativlage zwischen belichteter Gitterstruktur und Abbildungsvorrichtung (10) mit Hilfe des Sensors (19) überprüft und durch Nachjustierung der relativen Tischposition wiederhergestellt wird, und
- die schrittweise Abbildung des Vorlagenmaßstabs (15) auf dem anschließenden Abschnitt des Maßstabträgers (24) fortgesetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vorlagenmaßstab (15) verkleinert auf den Maßstabträger (24) abgebildet und die Relativlage zwischen der optischen Achse (10') des Abbildungssystems (10) und der in der Photoresistschicht erzeugten Gitterstruktur ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Tisch (17) gegenüber der feststehenden Abbildungsvorrichtung (10) verschoben und der Maßstabträger (24) durch Vakuumsaugung auf dem Tisch (17) fixiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsvorrichtung (10) gegenüber dem feststehenden Tisch (17) verschoben wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Relativlage zwischen belichteter Gitterstruktur und Abbildungssystem (10) vor Beginn jedes Verschiebungsschrittes gemessen und die Verschiebung zur folgenden Abbildungsposition durch den Sensor (19) gesteuert wird.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 mit einer Halterung (14) zur Aufnahme des Vorlagenmaßstabs (15), einer Belichtungseinrichtung (11', 12') zur Erzeugung einer Kontaktkopie des Vorlagenmaßstabs (15) auf einem Maßstabträger (24), der auf einem Tisch (17) aufliegt und einer Vorrichtung (27) zur steuerbaren Relativverschiebung zwischen dem Tisch (17) und der Kontaktkopievorrichtung, dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktkopievorrichtung in der Nähe des Vorlagenmaßstabs (15) mit einem Sensor (19) zum Erkennen der belichteten Gitterstrukturen und mit einer Vorrichtung (20) zum Fixieren

des bandförmigen Maßstabträgers (24) versehen ist.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2 mit einer Halterung (14) zur Aufnahme des Vorlagenmaßstabs (15), einer Beleuchtungs- (11, 12) und Projektionseinrichtung (13) zur verkleinerten Abbildung des Vorlagenmaßstabs (15) in eine Tischebene (16), einem Tisch (17) zur Aufnahme eines Maßstabträgers (24) und einer Vorrichtung (27) zur steuerbaren Relativverschiebung zwischen dem Tisch (17) und der optischen Achse (10') der Abbildungsvorrichtung (10), dadurch gekennzeichnet, daß die Abbildungsvorrichtung (10) in der Nähe der Frontlinse (13) mit einem Sensor (19) zum Erkennen der belichteten Gitterstrukturen und mit einer Vorrichtung (20) zum Fixieren des bandförmigen Maßstabträgers (24) versehen ist.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensor (19) eine akustische Linsenordnung vorgesehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Sensor (19) ein Auflichtgittergeber (28–31) vorgesehen ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Fixierungsvorrichtung (20) aus mindestens einem Spalt (32) mit Vakuumschluß (33) besteht.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Tisch (17) zur Aufnahme des bandförmigen Maßstabträgers (24) eine Glasplatte (21) mit mindestens einer in Längsrichtung des Bandes eingeprägten Rille (22) enthält, die einen Vakuumschluß (23) enthält.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Maßstabträger (24) ein flexibles Metallband ist.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

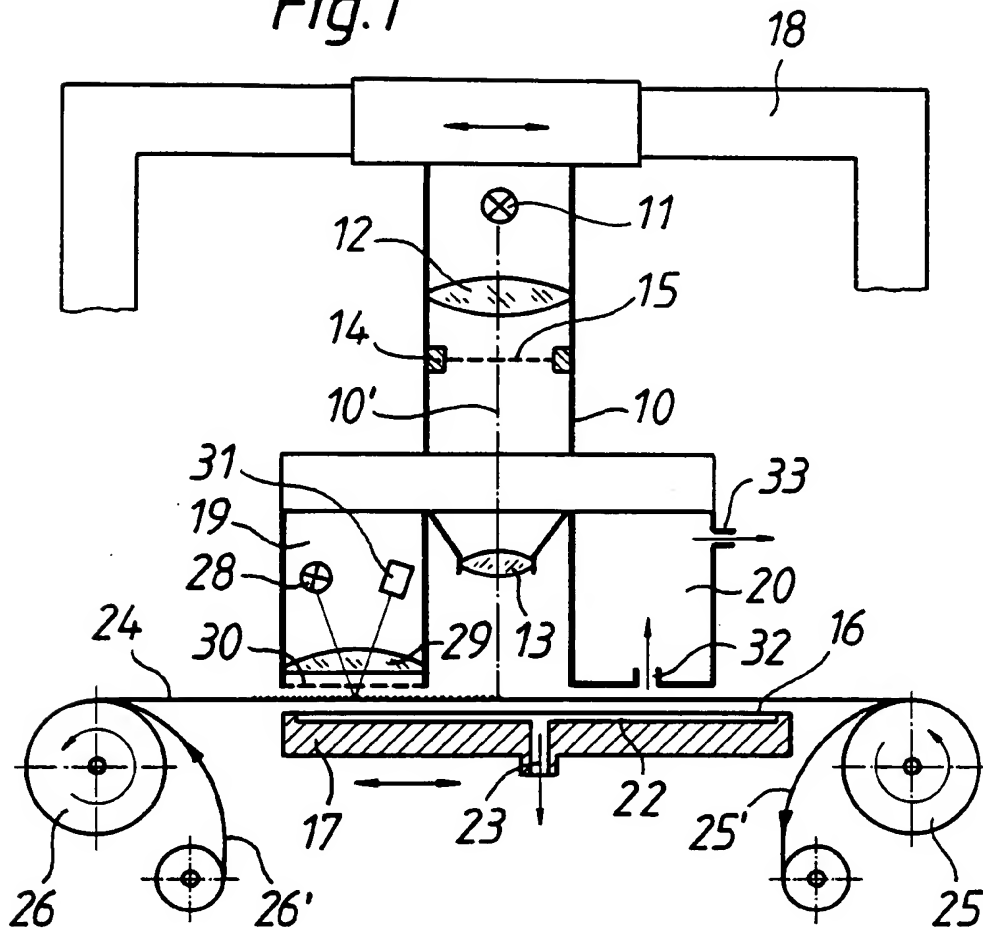


Fig. 3

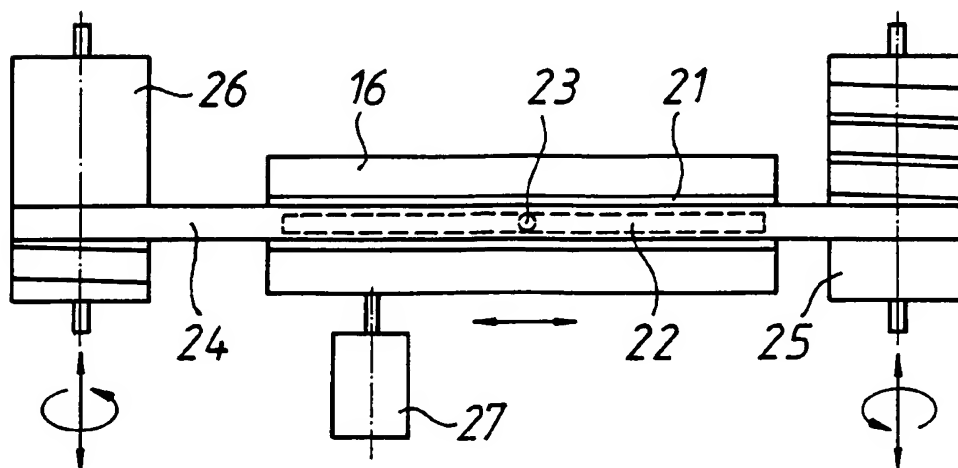


Fig. 2

